

空気シャワー粒子の横分布測定

宇宙粒子研究室

稲垣 志帆

目次

- 1、目的
- 2、宇宙線について
- 3、実験装置(1)シンチレーション・カウンター
(2)高電圧電源
(3)アンプ
(4)スケーラー
(5)ディスクリミネータ
(6)コインシデンス
- 4、シンチレーション・カウンターの適正電圧について
- 5、方法
- 6、プログラミング
- 7、結果
- 8、解析方法
- 9、減衰長について
- 10、考察
- 11、謝辞
- 12、プログラム

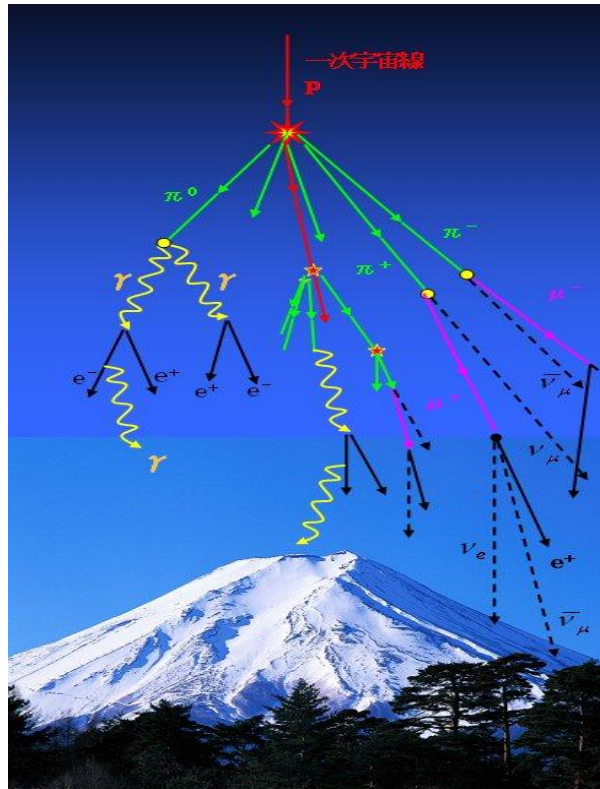
1、目的

- 宇宙線のデータを長時間にわたって自動測定できるようにすること。
 - ミューオンは物質を貫通しやすい、電子は物質で吸収されやすいという性質を利用して、ミューオンと電子を区別すること。
- 以上より、宇宙線断層撮像の精度をさらに向上させる。

2、宇宙線について

宇宙線というのは、宇宙から地球に絶えず高速で降り注いでいる原子核や素粒子。私たちの体も、いつも膨大な数の宇宙線が突き抜けている。遠い銀河からもまた近傍からも、たくさんの宇宙線がやってくる。宇宙線は地球に到達して大気中に飛び込み、空気中の酸素や窒素の原子核と核反応を起こす。地球大気に飛び込む前の宇宙線を「一次線宇宙線」と呼び、大気に飛び込んで変化し新たに生まれた宇宙線を「二次宇宙線」と呼ぶ。二次宇宙線は、ミューオン、ニュートリノ、電子、ガンマ線、中性子が主要な成分。このうち電子やガンマ線は大気中で吸収されて減り、地中まで来るのはミューオンとニュートリノがほとんどである。二次宇宙線の中の電子やガンマ線やミューオンは、地表の広い範囲にシャワー状に降り注ぎ、これを空気シャワーと呼ぶ。(やさしい解説—東京大学宇宙線研究所より)

写真 空気シャワーより



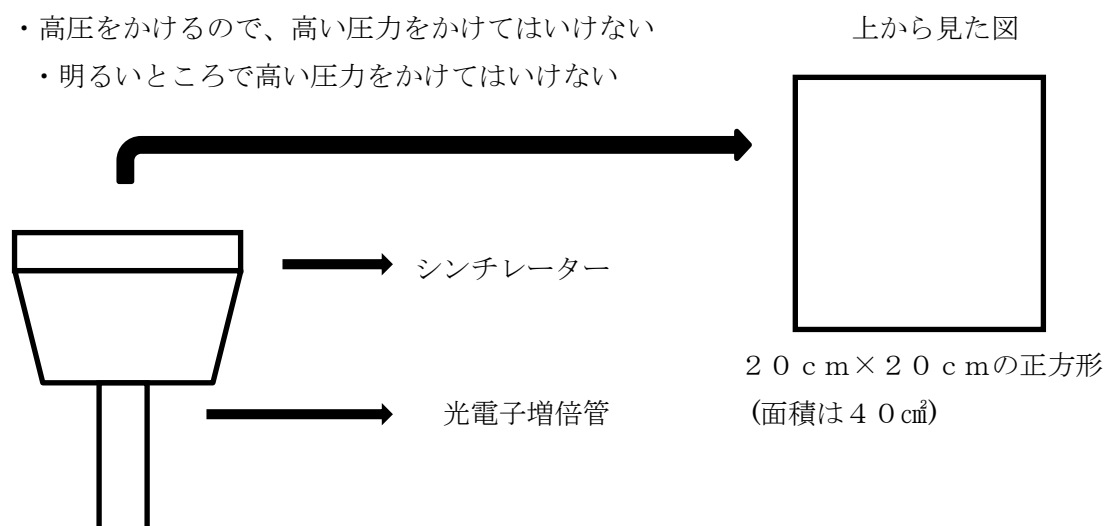
3、実験装置

(1) シンチレーション・カウンター

荷電粒子が下図のシンチレーターを通過すると、荷電粒子の軌跡に沿って電離が起こる。このような電離した電子はシンチレーターを構成する分子を励起し、励起された分子は基底状態に戻る時に短波長の光を出す。これらの光は光電子増倍管に達すると管面の内側で光電効果により光が電子に変換される。

注意点としては・・・

- ・ 振動を与えないこと
- ・ 普段は暗い所に置いておく
- ・ 高圧をかけるので、高い圧力をかけてはいけない
- ・ 明るいところで高い圧力をかけてはいけない



(2) 高電圧電源・・・光電子増倍管に高電圧を供給する装置

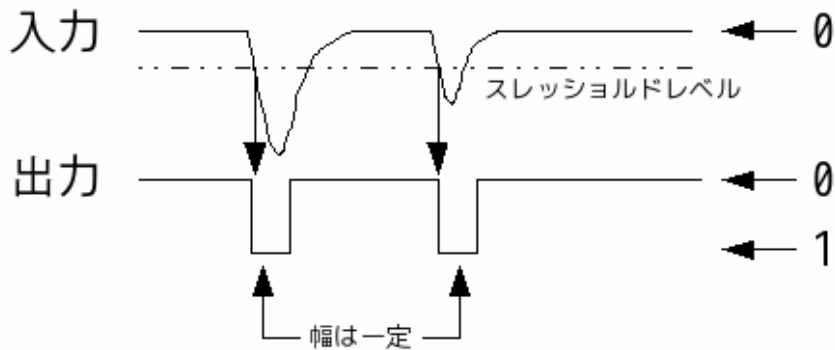
(3) アンプ・・・信号の振幅を増幅する装置

(4) スケーラー・・・入力端子に入力されるロジック信号を数える装置。

カウンターのようなもの。

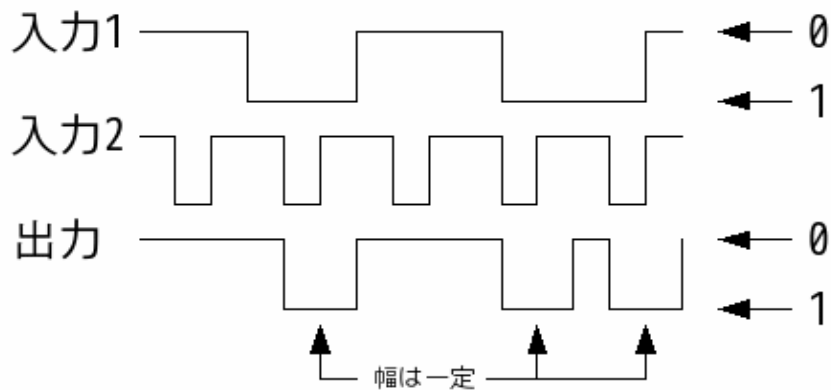
(5) ディスクリミネータ

ある一定の電圧（スレッシュホールドレベル）を越えるアナログ信号が入力されたとき、その電圧を越えた時刻を起点としてデジタルのロジック信号を出力する装置。



(6) コインシデンス

2つの入力端子にデジタルのロジック信号がほぼ同時に入り、ロジック信号が重なったとき（すなわち、2つの入力端子のロジック信号がともに1の値をとったとき）、重なった時刻を起点として(?)ある一定の時間幅（ロジック信号が0でなく1である時間）を持ったロジック信号を出力する装置（AND回路?）。3つ、または4つのロジック信号が重なったとき、ロジック信号を出力させることもできる。また、一つの入力端子に入ったロジック信号を2つ以上に分けて出力するときにも用いられる。



4、シンチレーション・カウンターの適正電圧について

宇宙線の信号は、 1 cm^2 あたり毎分1個観測される。よって、今回の実験で使用したシンチレーターの面積である 400 cm^2 では、毎秒約6.7個の信号がシンチレーションを通過する点を探すことで、適正電圧を求める。

本研究では以下のようにして適正電圧を求めた

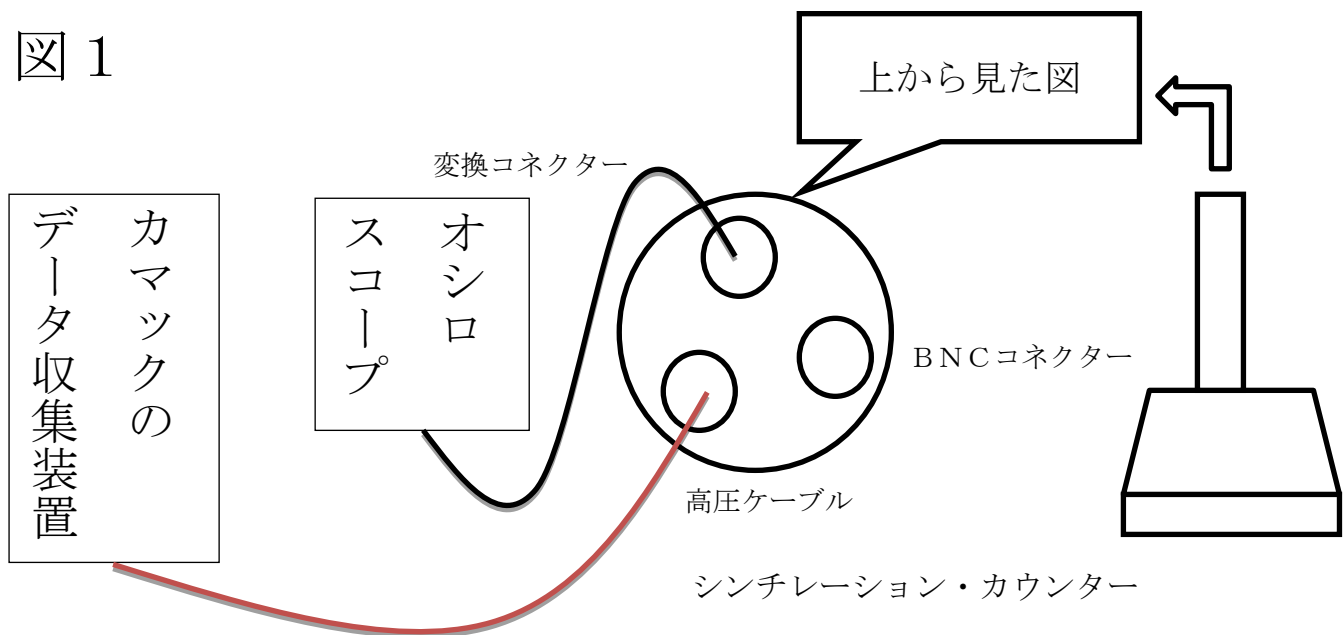
◇実験装置

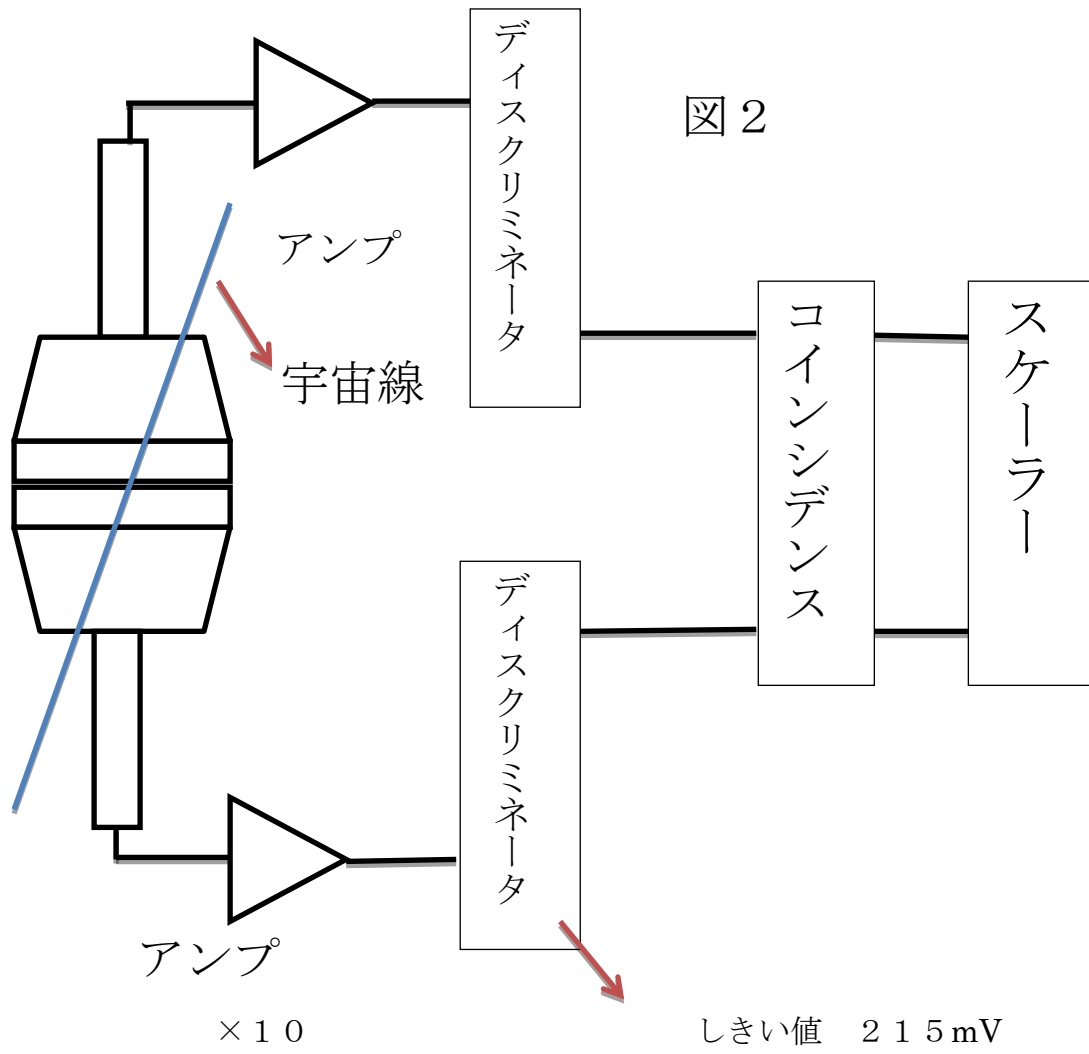
- ・カマックデータの収集装置
- ・シンチレーション
- ・コード
- ・オシロスコープ

◇適正電圧の求め方

- ①高電圧電源に高圧ケーブル、変換コネクタ、BNCコネクタのケーブルをつなぐ。(図1)
- ②データの収集装置にかけられている電圧がすべてゼロか確かめる。
- ③電源を入れ、30秒ごとの信号の数を500~1500Vの間で測定。
- ④1秒ごとの信号の数を求める。
- ⑤信号が毎秒6.7個通過している点を探し、その時の電圧を計測。
- ⑥2つのシンチレーターを図2のようにつなぎ、⑤で求めた電圧をそれぞれのシンチレーションにかける。
- ⑦それぞれを同じ幅で電圧を変化させていき、同じく信号が毎秒6.7個となる点を求める。この時のそれぞれの電圧が適正電圧となる。

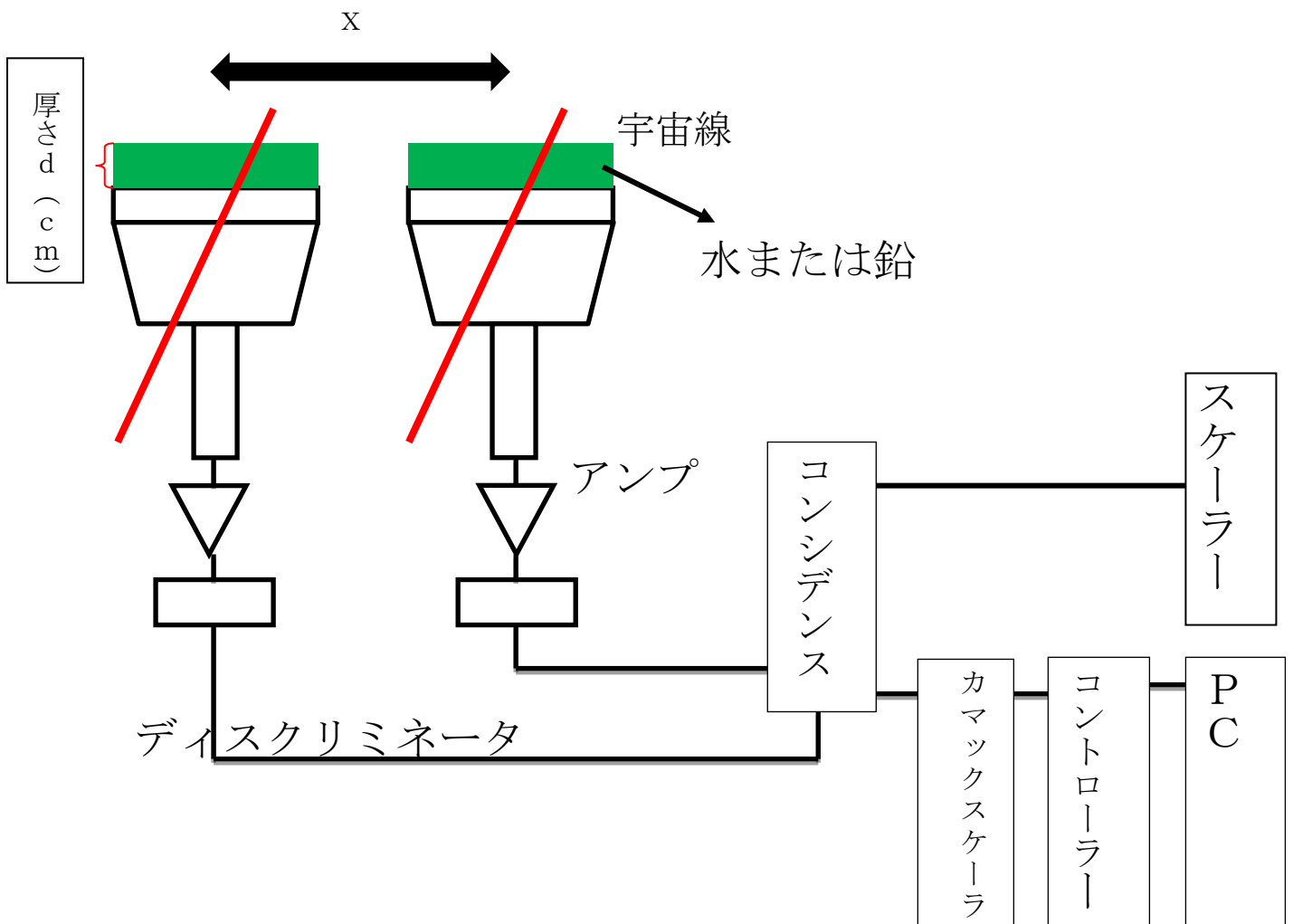
図 1



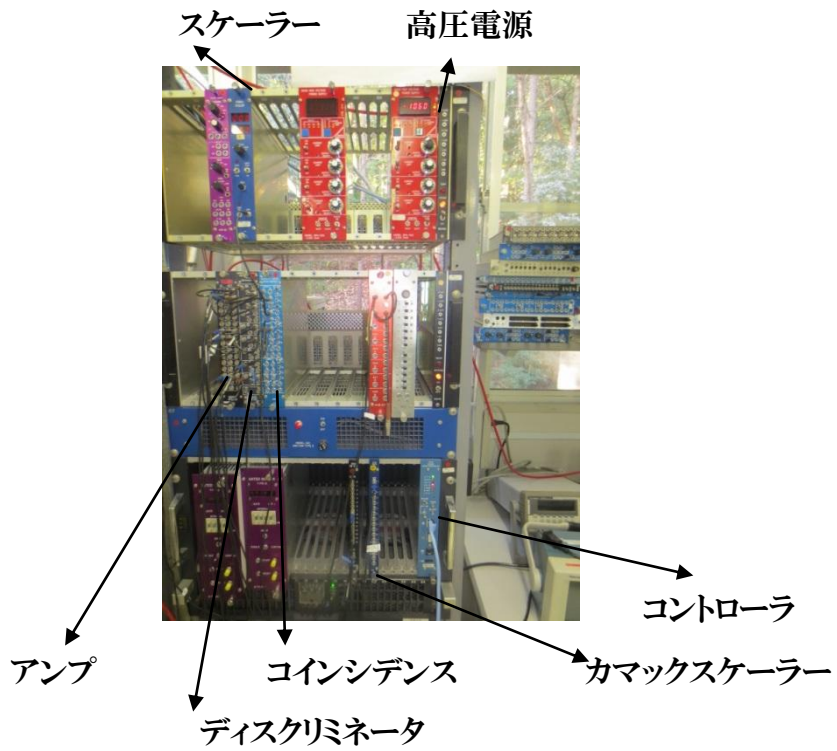


5、方法

- ① 2つのシンチレーション・カウンターに適正電圧をかける。
 - ② 距離Xを100cm～400cmで、50cmごとに計数率を測定、後、75cmも測定する。
- これを、何も無い状態、水、鉛の状態でそれぞれ測定する。
- ③ パルス発生器を利用し、カマックスケーラーでデータ収集。
 - ④ シンチレーション検出器からの信号を電子回路で読み出し、データをPCで5分ごとに自動収集する。
 - ⑤ データから1秒あたりの係数率と誤差を求めてグラフ化する。



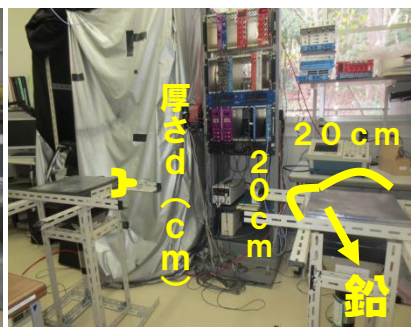
全体の図



水の時



鉛の時



6、プログラミング

```
ping 192.168.10.208
ssh toyo@192.168.102.208
ccnet2008
ls
cd remote-camac/
ls
./ccnet_server
でPCを走らせて、別のコマンドで
ls
cd CCNET/
ls
cd 130721
ls
Camac 2010p3 scaler データの数
でデータをとる
```

とったデータを表示するには

```
cat Scaler.dat
```

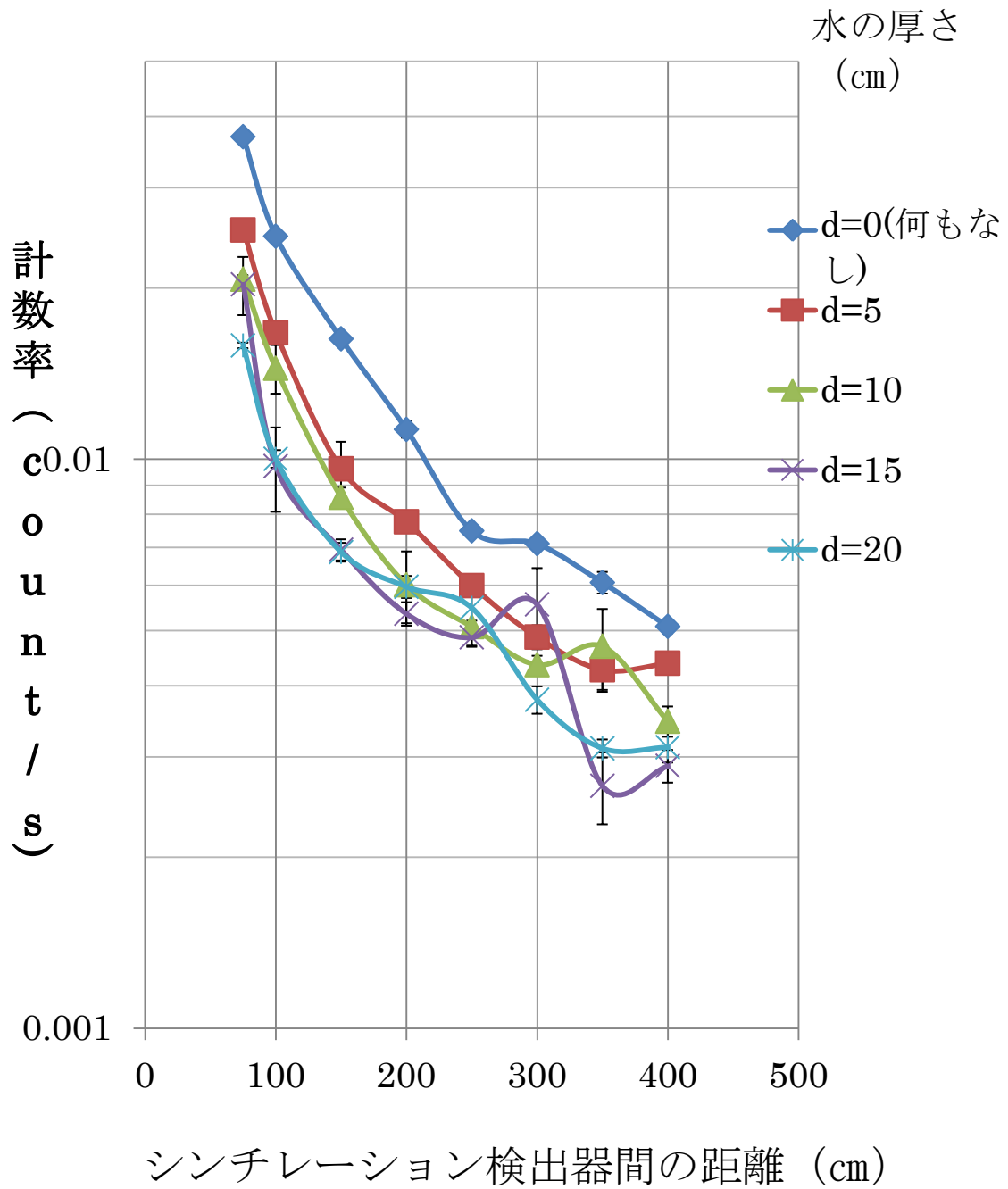
これを USB に

```
cp Scaler.dat /media/disk/
```

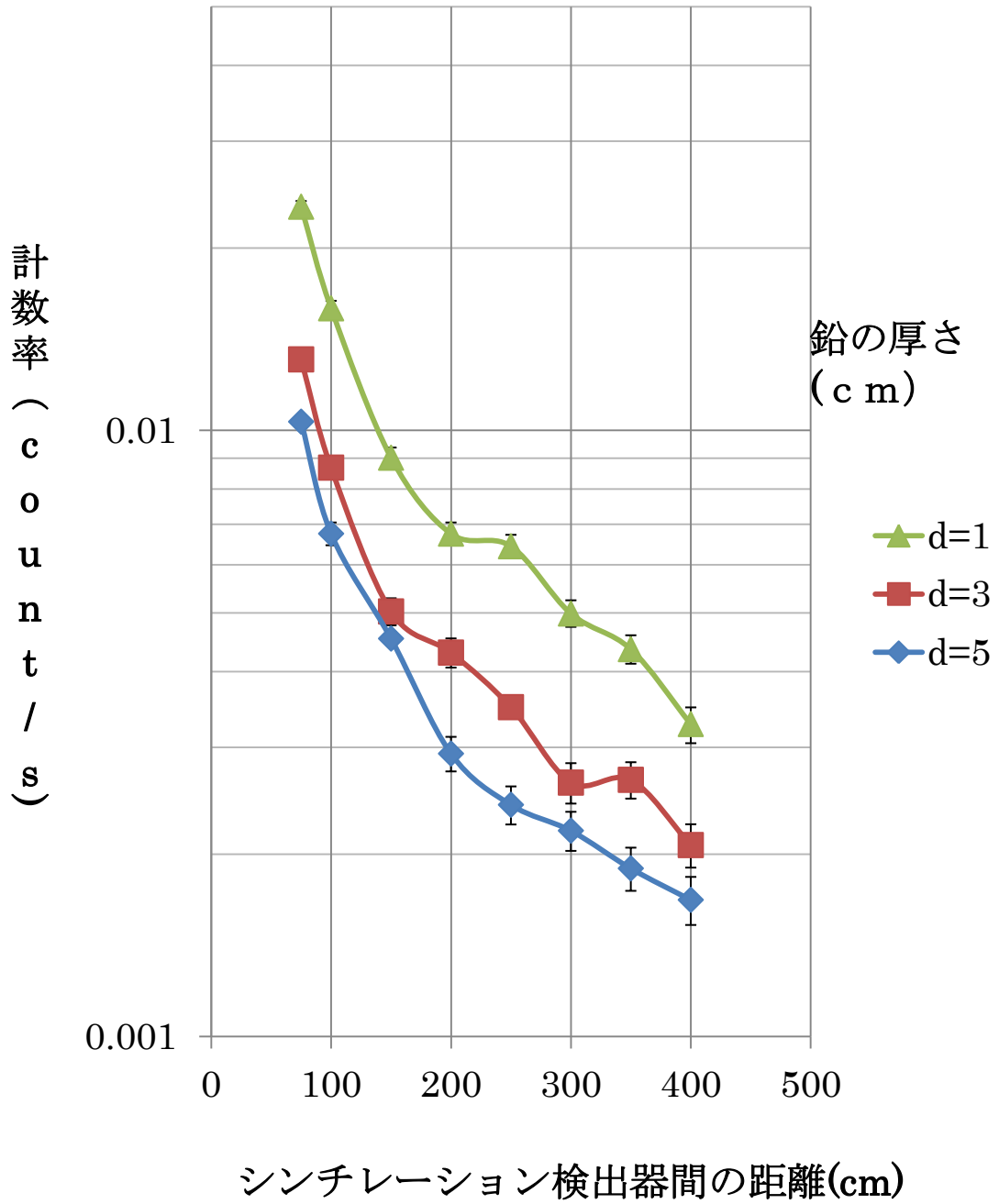
でコピーしてデータ解析していく

7、結果

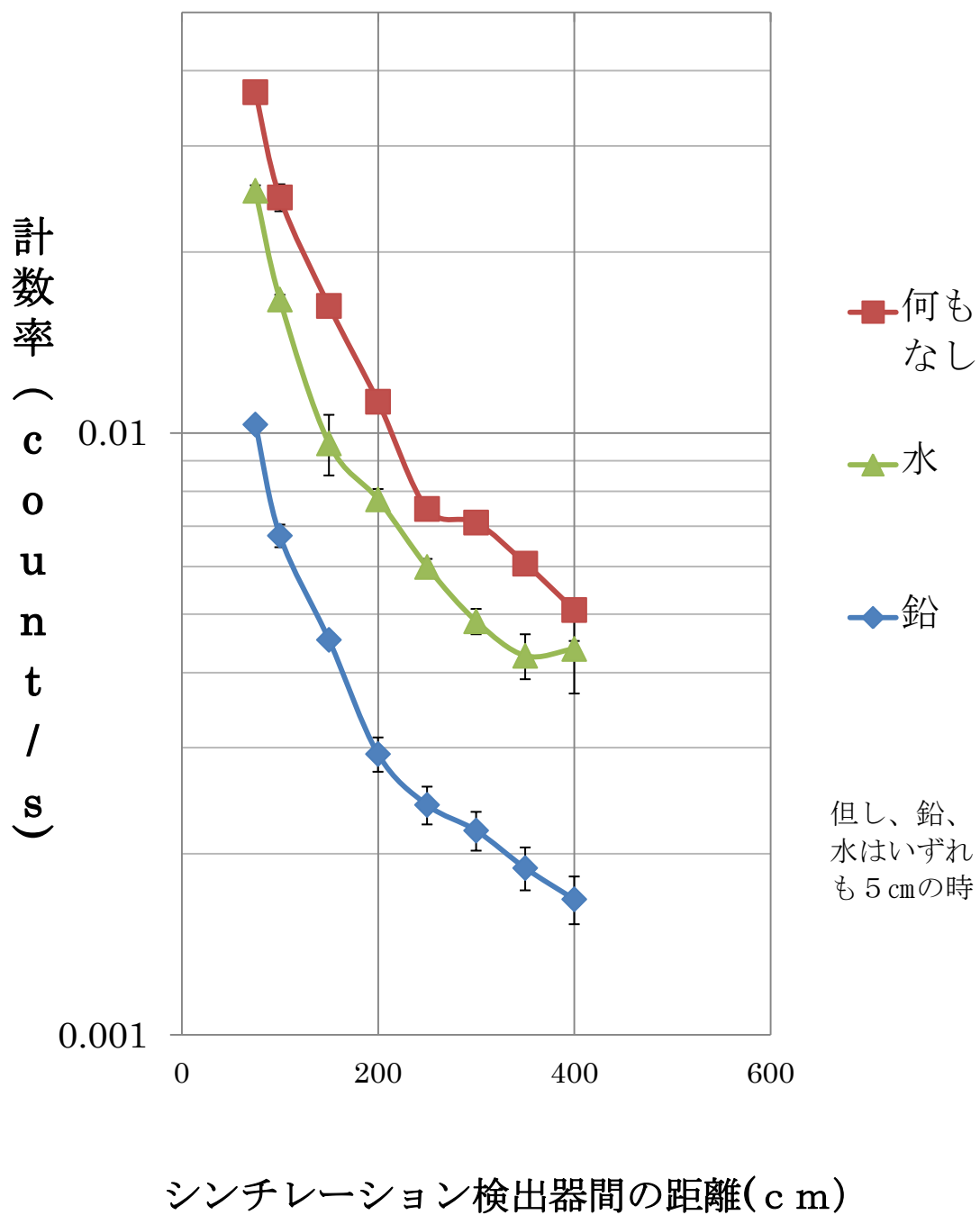
水の場合



鉛の場合

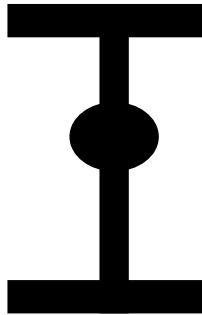


何もし、水、鉛で比較



8、誤差測定

測定時間を t 、カウント数を N とすると



→ 誤差 (上) $(N + \sqrt{N}) / t$

→ 1秒当たりのカウント数 N / t

→ 誤差 (下) $(N - \sqrt{N}) / t$

これらを対数グラフで表示する

9、減衰長について

鉛の中での減衰長を α 、鉛の計数率を β 、何も無いときの計数率を γ 、

鉛の厚さを y cm とする

$$\beta = \gamma e^{-(y/\alpha)}$$

これより線吸収係数を求める

鉛の 500 g/cm^3 、密度 11.34 g/cm^3 、前述の結果より鉛に対する減衰長は約 4.1 cm 、
なので、ミューオンの鉛に対する減衰長は

$$500 \div 11.34 \doteq 44.1 \text{ cm}$$

電子のミューオンに対する減衰長は 0.5 cm なので、ミューオンの割合を x として

$$44.1 \times x + 0.5 \times (1 - x) = 4.1$$

$$x \doteq 0.083$$

よって、ミューオンは8%より、今回の宇宙線のほとんどが電子だったと考えられる。

水に対する減衰長は約 16.8 cm

10、考察

シンチレーション器間の距離は大きくなるほど、カウント数は小さくなる。

何もない状態、水、鉛の順でカウント数が大きくなる。

水や鉛は、深さが深いほどカウント数が小さくなる。

このことから、水や鉛が宇宙線を吸収していると考えられる。

今回の測定条件では、電子成分が約90%であると推定される。

11、謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた指導教員の梶野文義教授並びに山本常夏教授に感謝いたします。また、多くの知識や示唆を頂いた大学院生の方、同研究室の4回生の方に感謝致します。そして、大学で学ぶ機会を与えてくれた両親にお礼申し上げます。ありがとうございました。